

DR. KÖVESDI PÁL-MOLNÁR GYÖRGYNÉ

Szeged

Egyensúly folyadékokban és gázokban

A 7. osztályos fizika tankönyv második témaköre a legkevesebb tartalmi változást hozó része az új általános iskolai fizika tananyagnak. Feldolgozásmódjában azonban szervesen épül a 6. osztályban tanultakra. A jelenségeket a kölcsönhatások vizsgálatával elemzi és magyarázza. Legfontosabb összefüggéseit (pl.: a nyomással; Arkhimédész törvényével kapcsolatban) a 6. osztályban megismert erőfogalommal állapítja meg. A témakör feldolgozása módszerében sem tér el a többiétől, épít a tanulók önálló munkájára.

Ismertetésünkben elegendőnek tartottuk tehát, hogy csak a legfontosabb jelenségeket említsük, utalva néhány gondolatban azok elméleti hátterére és az eddig megszokottól eltérő feldolgozásmódjára.

Mint az Emlékeztető c. fejezet is tartalmazza, e témakör előtt célszerű átlátást adni az erőről tanultakat, hiszen a témakör első egységében az eddig tanult erőfogalom bővítését és mélyítését végezzük. Az erőhatás eddigi vizsgálatainkban vagy anyagi pontra, vagy merevnek tekinthető test egy pontjára működött, és ebből következően azon csak mozgásállapot-változást okozott. A nyomás c. egységben viszont deformálható testek alakváltozásával foglalkozunk, figyelembe véve azt, hogy az erőhatások nem egy pontban, hanem felületen érik a testet. Ebből következően ebben a tanítási egységben tisztáznunk kell az erőhatás okozta mozgásállapot-változás és az alakváltozás kapcsolatát, valamint be kell vezetnünk a felületen egymásra erőhatást gyakorló testek felületeinek összenyomódását jellemző fizikai mennyiséget, a *nyomást*.

A mozgásállapot-változás és az alakváltozás kapcsolatát már a témakör tárgyalása előtt érdemes tisztázni. Erre kiválóan alkalmas egy csavarrugónak egy ráakasztott tömeggel való megnyújtása. De szólhatunk arról is, hogy amennyiben az egyik végén megtámasztott rúd szabad véglapjára merőlegesen F nagyságú, a véglapon egyenletesen eloszló, állandó erőhatás működik, a rúd hosszirányban megrövidül. Ez a megrövidülés csak úgy következhetett be, hogy az erőhatás következtében a rúd oldallapján levő részecskék az erőhatás irányában elmozdultak, s közben elmozdították a mellettük levő részecskéket, majd ezek a mellettük levőket stb. A rúd szilárdan megtámasztott végén levő részecskék, miután elmozdulni nem képesek, visszafelé nyomják a feléjük elmozduló, őket is elmozdítani akaró részecskéket. Végeredményben a két oldallapon működő és egymással ellentétes erőhatás következtében a részecskék egymáshoz közelebb kerülnek, és ez okozza a rúd megrövidülését. A rugós kísérlet elvégzése és ennek – vagy hasonló példának – a megbeszélése világossá teszi a tanulók előtt azt, hogy az erőhatás elsődleges következménye a mozgásállapot-változás, amely egyidejűleg alakváltozást is eredményez.

Az előbbi példa kiváló alkalmat szolgáltat arra, hogy tudatosítsuk: amennyiben testek egymást deformálják, akkor felületeik vagy azok egy része mindig összenyomódik. Ennek a felület-összenyomódásnak – amely nyilván kapcsolatban van a testek deformációjával – mértéke különböző lehet, és ezt mennyiségileg a nyomással jellemezzük.

A felsőbb szintű fizikaoktatásban a nyomás fogalmát pl.: az előző példákban

említett rúd deformációjához kötve úgy lehetne kialakítani, hogy megvizsgálánk: mitől függ egy adott anyagú rúd relatív hosszcsökkenése, vagyis az $\frac{\Delta l}{l}$ hányados. (ΔF az l hosszúságú rúd rövidülése a rúd A nagyságú homlokfelületére merőlegesen ható egyenletes eloszlású F erő hatására.) A mérések alapján kiderülne, hogy a rúd relatív rövidülése egyenesen arányos az $\frac{F}{A}$ hányadossal: $\frac{\Delta l}{l} \sim \frac{F}{A}$. A rúd relatív deformációja (relatív hosszcsökkenése) tehát az összenyomódó testfelületekre jellemző $\frac{F}{A}$ hányadossal, vagyis a nyomással arányos.

Természetesen a nyomás fogalmának kialakítása az iskolában nem így történik, hanem igazodik a tanulók életkori sajátosságaihoz. Tapasztalati tényekből kiindulva és egyszerű kísérleteket elvégezve állapíttatjuk meg a tanulókkal, hogy mitől függ két test össze nyomódásának mértéke. Különböző térfogatú alumínium hasábokat (a Mechanika tanulói készletben találhatók) lisztre helyezünk, és felemelve azokat, a lisztben hagyott nyomukból következtetünk arra, hogy azonos nyomóerő esetén a nagyobb érintkezési felületnél kisebb a benyomódás, illetőleg azonos érintkezési felületnél a nagyobb nyomóerő esetén nagyobb a benyomódás. Ezen kísérletek alapján felismertetjük a tanulókkal, hogy a felületegységre jutó nyomóerő nagyságával jellemezni tudjuk a testek összenyomódását. Az erő és a nyomott felület hányadosaként: kapott fizikai mennyiség – amelyből következtetni lehet a felületegységre jutó nyomóerőre – neve a nyomás. Az SI-rendszernek megfelelően mértékegysége a pascal ($\frac{1\text{ N}}{1\text{ m}^2} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1 \text{ Pa}$).

A nyomóerő bármilyen eredetű lehet, de amint a tankönyvben található példák-ból is kitűnik, igen gyakran a testek súlya a nyomóerő. Ilyen súlyból származó nyomás a folyadékok és gázok belsejében fellépő *hidrosztatikai nyomás* is.

A folyadékokról tudjuk, hogy alakjuk könnyen, térfogatuk nehezen változtatható. Részecskékből (molekulákból) állnak, amelyek egymáson csaknem szabadon elmozdulhatnak, és a részecskék közötti erőhatás kisebb, mint a szilárd test részecskéi közötti. A nyugvó folyadékok szabad felszíne (a tartóedénnyel nem érintkező felszín) mindenütt merőleges a külső erők eredőjére. Gravitációs mezőben levő, külső erőhatástól mentes folyadék belsejében a hidrosztatikai nyomás: $p = \rho gh$, tehát függ a folyadék ρ sűrűségétől és a vizsgált felületelem folyadékfelszíntől számított h mélységétől. A hidrosztatikai nyomás azonos mélységben független a felületelem irányításától. (Pascal törvénye értelmében a súlytalannak képzelt nyugvó folyadékokban a nyomás mindenütt ugyanakkora, függetlenül a felületelem irányításától. Tehát amennyiben a folyadékra külső nyomóerőtől származó p_0 nyomás is hat, a folyadék belsejében, h mélységben a nyomás: $p = p_0 + \rho gh$.)

A hidrosztatikai nyomással kapcsolatosan a törzsanyagban kvantitatív összefüggéseket nem állapít meg a könyv, csupán az elvégzett kísérletek alapján levont következtetésekkel jut el annak megállapításához, hogy mitől függ a hidrosztatikai nyomás. Ennek a gondolati útnak főbb állomásait a következőkben jelölhetjük meg.

Rétegezett szilárd testek (pl.: könyvek) analógiája alapján értetjük meg a tanulókkal, hogy ahogy a szilárd testek mindegyikét nyomja a fölötte levő testek rétege, ugyanúgy az edényben levő víz minden rétegét nyomja a fölötte levő vízréteg. Rugalmas hártáival lezárt üveghenger segítségével kísérletileg igazoljuk a folyadékréteg vastagságával való egyenes arányosságot, illetve azonos rétegvastagságú, különböző sűrű-

ségű folyadékokkal a sűrűségtől való függést. Az előbbi gumihártyás üveghengerrel célszerű azt is megmutatni, hogy adott mélységben a nyomás nemcsak lefelé „irányul”, hanem felfelé is. Monométerrel végzett kísérletek alapján pedig azt láttatjuk be, hogy a hidrosztatikai nyomás a folyadék belsejében azonos mélységben, bármely irányban ugyanakkora.

Kiegészítő anyagban tárgyalja a könyv a hidrosztatikai nyomás képlet nélkül, lépésenként történő kiszámítását. Mivel 6. osztályban a tanulók megismerték a sűrűség – tömeg, illetőleg a tömeg – súly kapcsolatát, a nyomóerő és így adott felületen a nyomás is kiszámítható.

Egy megjegyzés a nyomás irányával kapcsolatban: tudjuk, hogy a nyomás skalármennyiség, tehát irányt nem tulajdoníthatunk neki. A könnyebb érthetőség és szóhasználat miatt azonban sok helyen használja a könyv a „nyomás iránya” kifejezést. (Éppúgy, mint pl.: az elektromos áram iránya.)

A hidrosztatikai nyomás ismeretében tárgyalja a könyv az egy, illetve két folyadékos közlekedőedények és hajszálcsővesség témáját. Az utóbbinál igen jól használhatjuk a 6. osztályban tanult anyagszerkezeti ismereteket.

A levegőben (gázokban) fellépő, a hidrosztatikai nyomáshoz hasonló, ún. *aerosztatikai nyomás* tárgyalása annak magyarázatával kezdődik, hogy a levegő részecskéivel kölcsönhatásban levő gravitációs mező hatására miért nem sűrűsödik össze a levegő vékony réteggé a Föld felszínén. Ezután kísérlettel kimutatjuk, hogy a levegőnek a tömege mérleggel meg is mérhető. Mindezek alapján belátják a tanulók, hogy a Föld légköre súlyából következően nyomást gyakorol a benne levő testre. Ezt követi a légnyomás értékének kísérleti meghatározása a klasszikus Torricelli kísérlet alapján.

Bizonyos értelemben újszerű a következő óra anyagának, Arkhimédész törvényének a tárgyalása. Az óra egy csavarrugón függő, egyensúlyban levő testnél fellépő erők és azok nagyságviszonyainak vizsgálatával kezdődik. A 6. osztályban tanultak alapján megállapítást nyer, hogy a rugón függő testre két erőhatás, a gravitációs erőhatás és a rugó rugalmas erejéből származó erőhatás működik, míg a rugóra a felfüggesztett test súlya hat. A három erőhatást jellemző erő a test egyensúlya esetén – mint az a 6. osztályban tanultak alapján könnyen belátható – egyenlő nagyságú. A rugós erőmérőre felfüggesztett test kismértékű megemelésével beláttatható, hogy a rugós erőmérő mutatta rugalmas erő nem minden esetben egyenlő a gravitációs erővel, vagy mivel ez utóbbi – a kérdéses test nyugalma esetén – mindig egyenlő a test súlyával, a rugalmas erő nem mindig egyenlő a test súlyával. Fontos ezzel kapcsolatosan annak kiemelése, hogy a *rugós erőmérő szigorúan csak légtérben* (megközelítőleg levegőben) *mutatja a test súlyát*.

E bevezetés után térünk rá Arkhimédész törvényének tulajdonképpeni igazolására, amelyet az ún. arkhimédészi hengerpárral a szokott módon végzünk. Viszont az eddig megszokottól kissé eltérő a kísérlet interpretálása. Ennek mélyebb megértése céljából nem lesz haszontalan az alábbiak megfontolása. Amikor a hengerpár a rugós erőmérőn függ, az erőmérő – a bevezetésben tárgyaltak alapján – a hengerpár súlyát mutatja. Az alsó (tömör) henger folyadékba merítésével a hengerpár súlya nem változik (hiszen a rá ható gravitációs erő változatlan). A súlynak megfelelő erőhatás részben a rugót feszíti, részben a folyadékot „nyomja” lefelé. Érthető tehát, hogy a rugó jelezte erő ez esetben pontosan annnyival kisebb, mint amekkora erővel a hengerpár a folyadékot lefelé nyomja, illetőleg – az akció-reakció elve alapján – amekkora erővel a folyadék a hengerpárt felfelé „emeli” (*felhajtóerő*). Amikor a felső (üres) hengert folyadékkal teletöltjük, akkor a hengerpár súlya a folyadék súlyával lett na-

gyobb, és ugyanakkora értékkel nőtt a rugalmas erő is, hiszen a felhajtóerő változatlan maradt. A rugalmas erő növekedése tehát egyenlő a folyadékba merített test súlyával. Ez pedig egyenlő nagyságú a felhajtóerővel, hiszen a rugós erőmérő – amely a megnövekedett súly és a felhajtóerő különbségét mutatja – a hengerpár levegőbeli súlyát jelzi. Ezek alapján nyerjük Arkhimédész törvényének a tankönyvbeli megfogalmazását: a felhajtóerő egyenlő nagyságú a test által kiszorított folyadék vagy gáz súlyával.

Felhívjuk a figyelmet arra, hogy a vázolt kísérlet harmadik lépésénél a viszonylag körülményesebb fogalmazással a korábbi ismeretekkel megegyező magyarázatát adjuk a jelenségnek. Ha ugyanais egész egyszerűen azt mondanánk, hogy „a felső hengerbe töltött folyadék súlya *lerontja* a felhajtóerő hatását”, szakmai pontatlanságot követnénk el és megzavarnánk a tanulókat, akik a 6. osztályban – helyesen – azt tanulták, hogy csak *egy testen* támadó erőhatások ronthatják le egymást. Itt pedig a folyadék súlya a rugón, a felhajtóerő pedig a hengerpáron támad.

A testek úszása c. fejezetben Arkhimédész törvényének alkalmazásával az erőviszonyok és sűrűség-viszonyok vizsgálatával tárgyalja a könyv az úszás, a lemerülés és a lebegés jelenségét.

Kiegészítő anyagban szerepel a nem súlyból származó nyomások vizsgálata. Ebben az egységben a legnagyobb hangsúlyt a gázok nyomásának a részecske felépítéssel való értelmezése kapja, természetesen figyelembe véve a tanulók életkori sajátosságait és építve a 6. osztályban tanultakra. Az itt közölt ismeretek alapján a tanulók képesek arra, hogy számos, a gyakorlati életben is használatos, a gázok sűrítésén és ritkításán alapuló eszköz működését önállóan megmagyarázzák.

A témakört a szokásos Összefoglalás c. fejezet zárja, amelyben átismételjük, rendszerezünk az említett jelenségeket, ezzel is segítve a megismert fogalmak, összefüggések elmélyítését.



DR. CSORBA GYÖZÖNÉ-LEÖVEY JENŐNÉ-MOLNÁR SÁNDOR
Nyíregyháza

A torna oktatási anyagának módszeres felépítése az általános iskola 2. osztályában

A) JÁTÉKOS GYAKORLATOK

A játékos gyakorlatok az alsó tagozatos tanulók foglalkoztatásában rendkívül hasznosak, igen eredményesen alkalmazhatók. Végrehajtásuk közben a gyermekek nem unatkoznak, kevésbé érzik az irányítást, hisz ezeket a mozgásfeladatokat ütemtartás nélkül végeztetjük. A játékos gyakorlatokat könnyen érthetően mondjuk el, a feladatok legyenek olyanok, melyeket hacsak megközelítően is, de már az első próbálkozásra végre tudnak hajtani. A következő gyakorlatok alkalmazásával játékos formában megtaníthatjuk a tanulókat azokra az alapvető elemekre, kialakíthatjuk azokat a képességeket, melyek a későbbiek folyamán a testnevelés területén szükségesek lehetnek.